

# EFEITO DA IDADE E POSIÇÃO DE AMOSTRAGEM NA DENSIDADE E CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS DA MADEIRA DE *Eucalyptus grandis*<sup>1</sup>

Carlos Roberto Sette Jr<sup>2</sup>, Ivanka Rosada de Oliveira<sup>3</sup>, Mario Tomazello Filho<sup>4</sup>, Fábio Minoru Yamaji<sup>5</sup> e Jean Paul Laclau<sup>6</sup>

**RESUMO** – O conhecimento das variações das características da madeira produzida pelas árvores de eucalipto em função da idade e posição no tronco é fundamental para o seu uso adequado. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da idade e das posições longitudinal na densidade básica e radial nas características anatômicas do lenho das árvores de *Eucalyptus grandis* plantadas no espaçamento 3x2 m e fertilizadas com adubação comercial no plantio, 6º, 12º mês. Foram selecionadas, de acordo com a distribuição de área basal, quinze árvores de eucalipto com 24, 36 e 72 meses de idade, sendo 5 árvores/idade, e cortados discos do lenho a 1,30 m da altura do solo (DAP) para as determinações das dimensões das fibras (comprimento, espessura da parede, diâmetro do lume e largura total) e vasos (diâmetro tangencial, frequência e área ocupada) e em diferentes alturas fixas do tronco para a determinação da densidade básica. A densidade básica do lenho aumentou de 0,43 g.cm<sup>-3</sup> para 0,46 g.cm<sup>-3</sup> com o avanço da idade das árvores, apresentando um modelo de variação longitudinal, comum as três idades, caracterizado pelo decréscimo da base-3m (0,42-0,49 g.cm<sup>-3</sup> → 0,40-0,46 g.cm<sup>-3</sup>) e posterior aumento até a extremidade (0,46 g.cm<sup>-3</sup> → 0,54 g.cm<sup>-3</sup>) do tronco. As dimensões das fibras e dos vasos apresentaram variações tanto em relação à idade quanto no sentido medula-casca. O comportamento e as variações das características do lenho das árvores de eucalipto indicam que o meristema cambial está formando, até este período, o lenho denominado de juvenil.

**Palavras-chave:** Características anatômicas, Densidade e Madeira.

## EFFECT OF AGE AND SAMPLING POSITION ON DENSITY AND ANATOMICAL CHARACTERISTICS OF WOOD IN EUCALYPTUS TREES

**ABSTRACT** – The knowledge of the variations in the wood characteristics produced by eucalyptus trees according to age and sampling positions is essential for its proper use. This study had as objective to evaluate the influence of the age, longitudinal and radial positions on basic density and anatomical characteristics in *Eucalyptus grandis* wood. The trees were planted in 3x2 m spacing and fertilized with commercial fertilizers in planting, 6<sup>th</sup> and 12<sup>th</sup> months. According to basal area distribution, fifteen trees were selected (24, 36 and 72 months of age) – five trees per age. Disks at DBH position (1.3 m) were taken for fiber determination (length, wall thickness, lumen diameter and width) and vessels (tangential diameter, frequency and area occupied) and in other different sampling positions for basic density determination. Wood basic density increased from 0.43 to 0.46 g.cm<sup>-3</sup> as well as the trees age increases with a longitudinal variation model, characterized through a decrease in base-3m (0.42-0.49 → 0.40-0.46 g.cm<sup>-3</sup>) and an increase to the top of the trunk (0.46 → 0.54 g.cm<sup>-3</sup>) Fibers and vessels dimensions showed variations related to age and to pit-bark direction. Wood properties behavior and variations indicate that, until this period, the juvenile wood is being formed.

**Keywords:** Anatomical characteristics, Wood density and Wood.

<sup>1</sup> Recebido em 01.03.2012 aceito para publicação em 04.06.2012

<sup>2</sup> Universidade Federal de Goiás, Setor de Engenharia Florestal, UFG. E-mail: <crsettejr@hotmail.com>.

<sup>3</sup> Programa de Pós-Graduação em Recursos Florestais. Universidade de São Paulo, ESALQ/USP, Brasil. E-mail: <ivanka.ivi@gmail.com>.

<sup>4</sup> Universidade de São Paulo, Departamento de Ciências Florestais, ESALQ/USP. E-mail: <mtomazel@esalq.usp.br>.

<sup>5</sup> Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Ciências Ambientais, UFSCar, Campus Sorocaba. E-mail: <fmyamaji@ufscar.br>.

<sup>6</sup> Centre de La Recherche Agronomique Pour Le Développement - CIRAD/França. E-mail: <laclau@cirad.fr>.

## 1. INTRODUÇÃO

As plantações de espécies do gênero *Eucalyptus* no Brasil ocupam cerca de 4,7 milhões de hectares, apresentando crescimento médio de 6,9% ao ano no período de 2004-2009 (ABRAF, 2011). Essa significativa área visa suprir a demanda das indústrias brasileiras de base florestal, com forte tendência de expansão para o atendimento dos mercados nacional e internacional. A expansão na área plantada com espécies do gênero *Eucalyptus* é resultado de um conjunto de fatores favoráveis de ordem econômica, silvicultural e ambiental. Entre os aspectos mais relevantes estão a expansão e direcionamento de novos investimentos pelas empresas que utilizam sua madeira como matéria-prima nos processos industriais, o crescimento acelerado das árvores de algumas espécies de eucalipto em ciclos de curta rotação e a alta produtividade florestal (ABRAF, 2011).

O rápido crescimento e aumento da produtividade das florestas plantadas podem acarretar alterações na qualidade do lenho, sendo fundamental a sua avaliação. Nesse aspecto, Sette Jr. et al. (2010), Beadle et al. (2001) e Raymond e Muneri (2000) destacaram a importância da análise das alterações das características do lenho das árvores de eucalipto com taxas de crescimento elevadas. Das propriedades do lenho, a densidade é considerada como uma das mais importantes, fornecendo informações sobre as suas demais características e comumente utilizada na qualificação do lenho. A densidade resulta da integração das propriedades físico-químicas e características anatômicas do lenho, constituindo-se na principal responsável pelas características de resistência, energia etc., que condicionam a sua utilização (JORGE e PEREIRA, 1998). Da mesma forma, as características anatômicas constituem um índice de qualidade do lenho, além da composição química e das propriedades físico-mecânicas. Salienta-se a importância das características anatômicas, entre elas as dimensões dos vasos e das fibras, pela sua influência nos processos de sustentação e fisiológicos de transporte da seiva mineral e nas propriedades de utilização do lenho, afetando a penetração do licor, densidade e qualidade superficial dos papéis de impressão (CHEN e EVANS, 2004).

As características anatômicas e a densidade do lenho podem variar entre gêneros, espécies de um mesmo gênero, entre árvores dentro de uma mesma espécie e entre diferentes partes das árvores, tanto no sentido

longitudinal quanto no radial (SILVA et al., 2004; ZOBEL e BUIJTENEN, 1989). Segundo Kollmann e Côté (1968), as variações da densidade se devem às diferenças na estrutura anatômica do lenho e na quantidade de substâncias extrativas presentes por unidade de volume em razão, principalmente, da idade da árvore, genótipo, índice de sítio, clima, localização geográfica e tratos silviculturais.

A variação longitudinal da densidade da madeira de eucalipto mostra ser (i) decrescente uniformemente com a altura, (ii) decrescente até certo ponto e crescente daí até o topo da árvore e (iii) crescente da base para o topo, não obedecendo a um padrão uniforme de variação (PANSIN e ZEEUW, 1970). O modelo de variação do comprimento, largura total, diâmetro do lume e espessura da parede das fibras indica aumento no sentido medula-casca do gênero *Eucalyptus*, verificando-se aumento no diâmetro tangencial e diminuição na frequência dos vasos no sentido radial (TOMAZELLO FILHO, 1985).

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da variação das posições longitudinal na densidade básica e radial nas características anatômicas do lenho das árvores de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, aos 24, 48 e 72 meses de idade.

## 2. MATERIALE E MÉTODOS

### 2.1 Local do estudo

A avaliação da densidade e características anatômicas do lenho foi realizada em árvores de *Eucalyptus grandis* de plantação florestal localizada na cidade de Itatinga, SP, a 23° 10' S e 48° 40' W, com 857 m de altitude. O clima da região é caracterizado como mesotérmico úmido (Cwa), segundo Köppen, com precipitação média anual de 1.400 mm e temperatura média de 16,2 °C e 28,6 °C nos meses mais frio e mais quente, respectivamente.

O solo é do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico de textura média (200 g kg<sup>-1</sup> de argila) com a litologia composta por arenito, formação Marília, do Grupo Bauru.

### 2.2 Experimento de campo

As características do lenho das árvores de *Eucalyptus grandis* foram avaliadas de experimento de campo implantado em abril/2004. As árvores de

eucalipto foram plantadas em espaçamento 3 x 2 m e receberam 2.000 kg/ha de calcário dolomítico, 116 kg/ha de K ( $K_2O$ ), 80 kg de  $P_2O_5$ , 45 kg de N ( $NH_4(SO_4)_2$ ) e 45 kg de FTE (BR-12)/ha como fonte de micronutrientes, parcelados em três vezes no primeiro ano, sendo 1/3 no plantio, 1/3 aos seis meses e 1/3 aos 12 meses.

### 2.3 Corte, coleta e preparo das amostras do lenho

O corte das árvores de eucalipto, para a coleta das amostras do lenho, foi realizado aos 24, 48 e 72 meses de idade. Foram selecionadas cinco árvores de eucalipto/idade, totalizando 15 árvores amostradas. As árvores de eucalipto foram cortadas e desramadas, sendo seccionados discos de lenho a 1,30 m de altura do solo (DAP), para as determinações das dimensões das fibras (comprimento, espessura da parede, diâmetro do lume e largura total) e vasos (diâmetro tangencial, frequência e área ocupada); e em diferentes alturas fixas do tronco na base e de 3 em 3 m até a altura total, para determinação da densidade básica de acordo com a NBR 11941/2003.

### 2.4 Determinação das características anatômicas do lenho das árvores de *E. grandis*

Nos discos da altura do DAP do tronco das 15 árvores, cinco árvores/idade, foram demarcados e cortados corpos-de-prova em três posições radiais, na direção medula-casca (0, 50 e 100% do raio), para o corte de seções transversais em micrótomo de deslize e para obtenção de material macerado pelo método de Franklin (JOHANSEN, 1940). Dos cortes histológicos e da suspensão de fibras foram preparadas lâminas histológicas temporárias, coletando-se imagens sob microscopia de luz em ampliações de 40 e 400x para a mensuração das dimensões das fibras e vasos através de programa de análise de imagem *Leica Application*, atendendo às normas da IAWA (IAWA COMMITTEE, 1989).

### 2.5 Análises estatísticas

Na análise estatística dos resultados foi aplicado o programa JMP (SAS INSTITUTE, 1997), sendo aferidos os outliers e a heterogeneidade da variância. Foi utilizada a análise de variância (ANOVA) dos resultados, verificando-se o efeito da idade e posições radiais e longitudinais do tronco e interações, sendo aplicado o teste de Tukey ajustado a 95% de probabilidade.

## 3. RESULTADOS

### 3.1 Densidade básica do lenho das árvores de *E. grandis*

A variação da densidade básica ponderada do lenho das árvores de eucalipto, aos 24, 48 e 72 meses, indica aumento do seu valor médio de 0,43 g.cm<sup>-3</sup> para 0,46 g.cm<sup>-3</sup> e significativo do 24º para o 72º mês (Tabela 1).

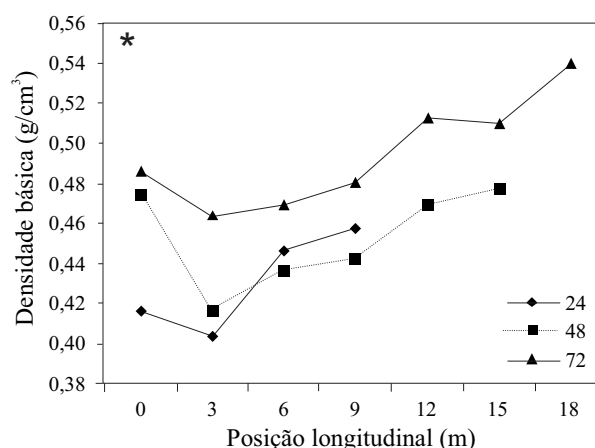
A variação da densidade básica do lenho nas diferentes posições longitudinais do tronco das árvores de eucalipto, com 24, 48 e 72 meses, é apresentada na Figura 1, com efeito estatisticamente significativo das posições longitudinais. O modelo de variação longitudinal da densidade básica do lenho, comum nas três idades, caracteriza-se pelo decréscimo da base-3 m (0,42-0,49 g.cm<sup>-3</sup> → 0,40-0,46 g.cm<sup>-3</sup>) e aumento até a extremidade (0,46 g.cm<sup>-3</sup> → 0,54 g.cm<sup>-3</sup>) do tronco.

**Tabela 1** – Valores médios da densidade básica ponderada do lenho do tronco das árvores de *E. grandis*, no 24º, 48º e 72º mês.

**Table 1** – Average values of wood basic density of the *E. grandis* trees in the 24<sup>th</sup>, 48<sup>th</sup> and 72<sup>th</sup> month.

Idade (meses)	Densidade básica	(g/cm <sup>3</sup> )
24	0,43 a	(0,01)
48	0,44 ab	(0,01)
72	0,46 b	(0,01)

Médias seguidas do desvio padrão. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05%)



**Figura 1** – Variação da densidade básica do lenho no sentido longitudinal do tronco das árvores de eucalipto por idade; \*significativo (p<0,05).

**Figure 1** – Longitudinal wood basic density variation in eucalypt trees per age in the longitudinal direction. \*significant (p < 0.05).

### 3.2 Características anatômicas do lenho das árvores de *E. grandis*

Para as variações das dimensões médias das fibras, nas três idades, observou-se aumento estatisticamente significativo no comprimento, de 748,17 para 912,94  $\mu\text{m}$ , do 24º para o 72º mês de idade das árvores. Para as demais dimensões das fibras - largura (13,24 para 16,64  $\mu\text{m}$ ), espessura da parede (2,00 para 3,49  $\mu\text{m}$ ) e diâmetro do lume (9,22 para 9,65  $\mu\text{m}$ ) -, verificou-se aumento dos valores com a idade, embora não significativo para o diâmetro do lume (Tabela 2).

Com relação ao comprimento das fibras (Figura 2A), observou-se tendência de aumento significativo no sentido radial, independente da idade, com menores

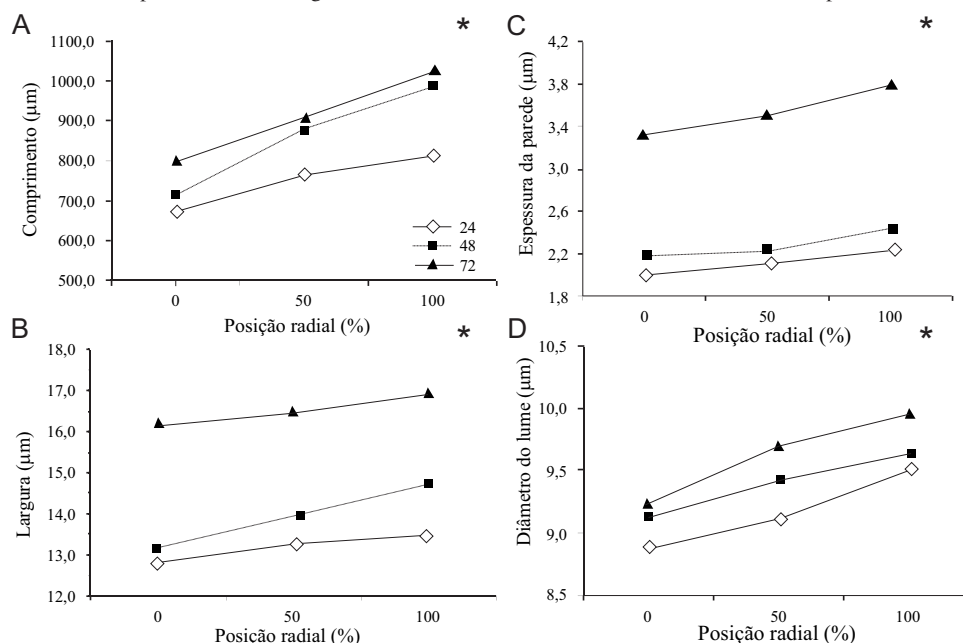
valores próximos da medula (650  $\mu\text{m}$  - 800  $\mu\text{m}$ ), seguida de aumento em direção à casca (800  $\mu\text{m}$  - 1.020  $\mu\text{m}$ ). Para a largura das fibras (Figura 2B), verificou-se aumento significativo das suas dimensões com a posição radial. Aos 24 meses, as fibras próximas à medula apresentaram valores de 12,8  $\mu\text{m}$ , seguidos de 13,20  $\mu\text{m}$  na região intermediária e 13,50  $\mu\text{m}$  próximo à casca. Aos 48 meses, os valores de 0, 50 e 100% do raio foram de 13,10; 14,00; e 14,90  $\mu\text{m}$ , respectivamente. Aos 72 meses, os valores foram de 16,20; 16,3; e 17,00  $\mu\text{m}$ , no sentido medula-casca. Da mesma forma, a espessura da parede das fibras (Figura 2C) mostrou-se crescente em relação à posição no raio, com valores próximos à medula de 2,0; 2,2; e 3,2  $\mu\text{m}$  e próximos à casca de 2,2; 2,4; e 3,8  $\mu\text{m}$ , aos 24, 48 e 72 meses, respectivamente. Com

**Tabela 2** – Variação das dimensões das fibras do lenho das árvores de *E. grandis* por idade.

**Table 2** – Variation of fiber dimensions in *E. grandis* wood per age.

Idade (meses)	Comprimento ( $\mu\text{m}$ )	Largura ( $\mu\text{m}$ )	Espessura da parede ( $\mu\text{m}$ )	Diâmetro do lume ( $\mu\text{m}$ )
24	748,17 a (27,65)	13,24 a (0,67)	2,00 a (0,17)	9,22 a (0,30)
48	866,00 b (19,33)	13,93 a (0,80)	2,24 a (0,08)	9,43 a (0,41)
72	912,94 c (21,24)	16,64 b (1,23)	3,49 b (0,35)	9,65 a (0,49)

Médias seguidas de desvio padrão. Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ( $p < 0,05$ )



**Figura 2** – Variação das dimensões das fibras no sentido radial do lenho das árvores de *E. grandis*: comprimento (A), largura (B), espessura da parede (C) e diâmetro do lume (D), por idade; \* significativo ( $p < 0,05$ ).

**Figure 2** – Variation of the fiber dimensions in the radial direction in *E. grandis* trees: length (A), width (B), wall thickness (C) and lumen diameter (D), per age. \*significant ( $p < 0.05$ ).

relação ao diâmetro do lume (Figura 2D), verificou-se modelo de variação radial crescente e significativo nas três idades, com valores no sentido medula-casca de 8,8; 9,2; e 9,3  $\mu\text{m}$  aos 24 meses, 9,1; 9,4; e 9,7  $\mu\text{m}$  aos 48 meses e 9,5; 9,6; e 9,9  $\mu\text{m}$  aos 72 meses de idade.

Os resultados do diâmetro tangencial, % de área ocupada e frequência dos vasos do lenho no DAP do tronco das árvores de *E. grandis* aos 24, 48 e 72 meses de idade são apresentados na Tabela 3. Observa-se, aumento significativo no diâmetro tangencial (72,46  $\mu\text{m}$  para 129,60  $\mu\text{m}$ ) e redução significativa na % de área (12,9% para 10,6%) e na frequência (19 vasos/ $\text{mm}^2$  para 13 vasos/ $\text{mm}^2$ ) dos vasos do 24º ao 72º mês de idade das árvores.

As variações das dimensões e frequência dos vasos nas posições radiais 0, 50 e 100% no DAP do tronco das árvores de eucalipto (Figura 3) indicam aumento significativo do diâmetro tangencial (60-115  $\mu\text{m}$  para 85-145  $\mu\text{m}$ ) e da área ocupada (9-11,5% para 12-14%) e redução significativa da frequência dos vasos (16-26 vasos/ $\text{mm}^2$  para 10-14 vasos/ $\text{mm}^2$ ).

#### 4. DISCUSSÕES

##### 4.1 Densidade básica do lenho das árvores de *E. grandis*

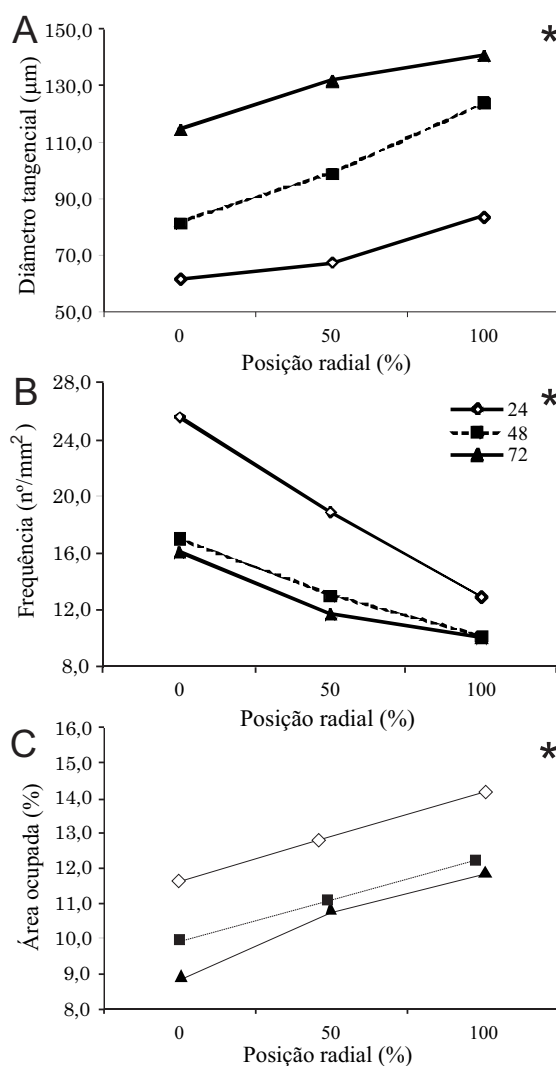
O efeito do aumento da idade das árvores sobre a qualidade do lenho, incluindo suas propriedades físicas, é relatado na literatura por inúmeros autores, como Silva et al. (2004), Trugilho et al. (1996) e Tomazello Filho (1985). O aumento da densidade do lenho ocorre em função das alterações do meristema cambial e das exigências mecânico-fisiológicas resultantes do processo de desenvolvimento das árvores, representadas pelo aumento da espessura da parede das fibras e redução da frequência e do número de vasos, à medida que é formado o lenho adulto no tronco das árvores de eucalipto.

**Tabela 3** – Dimensões dos vasos do lenho das árvores de *E. grandis* por idade.

**Table 3** – Vessel dimensions of the *E. grandis* trees per age.

Idade	Diâmetro	Área ocupada	Frequência
(meses)	tangencial ( $\mu\text{m}$ )	(%)	( $\text{n}^\circ/\text{mm}^2$ )
24	72,46 a (3,00)	12,91 a (0,37)	19,23 a (1,06)
48	102,68 b (2,83)	11,01 b (0,27)	12,90 b (0,57)
72	129,60 c (4,15)	10,62 b (0,17)	12,63 b (0,33)

Médias seguidas de desvio padrão. Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ( $p < 0,05\%$ )



**Figura 3** – Variação das dimensões dos vasos no sentido radial do lenho das árvores de *E. grandis*: frequência (B), % de área ocupada (C) e diâmetro tangencial (A), por idade; \* significativo ( $p < 0,05$ ).

**Figure 3** – Variation of the vessels dimensions in the radial direction in *E. grandis* trees: frequency (B), % of area occupied (C) and tangential diameter (A), per age. \*significant ( $p < 0,05$ ).



Os valores de densidade básica média do lenho das árvores de *E. grandis* (Tabela 1) foram menores do que os normalmente citados na literatura, por diversos autores para *E. grandis*, como Alzate et al. (2005), Silva et al. (2004) e Souza et al. (1986), estando associado à idade das árvores. O modelo mais comum relatado na literatura indica aumento da densidade do lenho com a idade das árvores, conforme já mencionado, resultado das modificações das células cambiais, formando o lenho adulto (TOMAZELLO FILHO, 1987, 1985).

O modelo de variação longitudinal da densidade básica do lenho (decréscimo/estabilização da base-25%; aumento de 25-75%; decréscimo/estabilização de 75-100%), do tronco das árvores de eucalipto e de suas variações é comumente relatado na literatura por inúmeros autores, como Sette Jr. et al. (2009ab), Silva et al. (2007), Alzate et al. (2005) e Lausberg et al. (1995). Os maiores valores de densidade básica do lenho nas regiões basal e apical devem-se, provavelmente, às exigências mecânicas de sustentação do tronco e da copa das árvores de eucalipto.

#### 4.2 Características anatômicas do lenho das árvores de *E. grandis*

Para as variações das dimensões médias das fibras, nas três idades, observou-se aumento estatisticamente significativo, exceto para diâmetro do lume (Tabela 2). Esse resultado corrobora os obtidos por Trugilho et al. (1996) e Shimoyama (1990), ao estudarem a influência da idade nas dimensões das fibras do eucalipto. O aumento do comprimento das fibras em função da idade é resultado do aumento do comprimento das células que as originam, denominadas iniciais fusiformes. A estabilização do comprimento das fibras, para inúmeras espécies de eucalipto, somente irá ocorrer quando as células do câmbio atingirem comprimento máximo, iniciando a formação do lenho adulto (TOMAZELLO FILHO, 1987). De modo geral, verifica-se, no sentido medula-casca do lenho das árvores adultas de eucalipto, aumento no comprimento das fibras ao longo da fase juvenil e, ao atingirem a maturidade, os valores permanecem constantes (TRUGILHO et al., 1996). As diferenças significativas do comprimento médio das fibras nas três idades indicam que o meristema cambial das árvores está formando, até esse período, o lenho denominado juvenil, de forma diferente ao registrado por Silva et al. (2007) em árvores de *E. grandis* com 10-25 anos. Trugilho et al. (1996), ao estudarem árvores do gênero *Eucalyptus* aos 12,

24, 36 e 48 meses de idade, observaram que o diâmetro do lume da fibra foi a característica que apresentou o menor grau de variação, estando relacionado com a largura e espessura da parede das fibras. Assim, quanto maiores forem os seus valores, mais espaços vazios serão encontrados na madeira, indicando menor densidade. O comprimento, largura, espessura da parede e diâmetro do lume das fibras do lenho de eucalipto representam diferentes estágios de seu desenvolvimento e são controladas por processos fisiológicos distintos (SHIMOYAMA, 1990).

Os valores médios das dimensões das fibras são diferentes dos apresentados por alguns autores, que analisaram árvores de *Eucalyptus spp* com idades mais avançadas e com lenho de transição e adulto já formados. Como exemplo, Tomazello Filho (1985) avaliou árvores de *E. grandis* com 10 anos e encontrou valores de comprimento, largura, espessura e diâmetro do lume das fibras de 1.200; 23; 5,4; e 12,2  $\mu\text{m}$ , respectivamente, cerca de 23-52% maiores do que os encontrados neste estudo. Apesar disso, os valores encontrados para as dimensões das fibras estão dentro da faixa estabelecida pela literatura, variando de 750 a 1.400  $\mu\text{m}$ ; 12 a 20  $\mu\text{m}$ ; 2,5 a 6,0  $\mu\text{m}$ ; e 6 a 12  $\mu\text{m}$ , respectivamente (SILVA et al., 2007).

A literatura científica reporta extensa lista de artigos, relatando a variação das dimensões das fibras, no sentido radial do lenho de árvores de diferentes espécies de eucalipto e condições de crescimento. Diversos modelos de variação radial das dimensões das fibras no lenho das árvores de eucalipto têm sido reportados, indicando, entre outros, o aumento do comprimento, espessura da parede, largura e diâmetro do lume das fibras da medula para a casca (SETTE JR. et al., 2009ab; SILVA et al., 2007; ROCHA et al., 2002; TOMAZELLO FILHO, 1985, 1987).

Os resultados apontaram para aumento significativo no diâmetro tangencial e redução significativa na % de área e na frequência dos vasos do 24º ao 72º mês de idade das árvores (Tabela 3). Conforme mencionado, as dimensões dos elementos celulares tendem à estabilização na madeira adulta (TOMAZELLO FILHO, 1985), mostrando a presença de madeira juvenil nas árvores de eucalipto estudadas. Os resultados dos trabalhos científicos das variações obtidas para o diâmetro tangencial, frequência e % de área ocupada pelos vasos, em resposta à idade cambial, corroboram os apresentados por Sette Jr. et al. (2009ab), Silva et al. (2007) e Rocha et al. (2002). Os valores encontrados para o diâmetro

tangencial, % de área ocupada e frequência dos vasos estão dentro da faixa estabelecida pela literatura (SILVA et al., 2007).

As variações das dimensões e frequências dos vasos nas três posições radiais (0%, 50% e 100%) no DAP do tronco das árvores de eucalipto (Figura 3) indicam aumento significativo do diâmetro tangencial e da área ocupada e redução significativa da frequência dos vasos. Sob o aspecto fisiológico, as alterações no diâmetro, frequência e disposição dos elementos de vasos são interpretadas pela necessidade de as plantas aumentarem sua capacidade de transporte de água e sais minerais à medida que se processam o seu crescimento e o consequente aumento de suas dimensões. Sob o aspecto tecnológico, essas alterações refletem nas propriedades físico-mecânicas do lenho, na secagem e na penetração de licor nos cavacos durante o processo de deslignificação (TOMAZELLO FILHO, 1987). O modelo de variação radial do diâmetro, frequência e área ocupada pelos vasos no lenho das árvores de eucalipto encontrados neste estudo são considerados como padrão por inúmeros autores como Sette Jr. (2009ab), Silva et al. (2007) e Veenin et al. (2005). Salienta-se a importância dos vasos no lenho das árvores de eucalipto, pela sua influência nos processos fisiológicos de transporte da seiva mineral e nas propriedades de utilização do lenho, afetando a penetração do licor, densidade e qualidade superficial dos papéis de impressão (CHEN e EVANS, 2004). Recomenda-se a avaliação do lenho das árvores de *E. grandis* em idades mais avançadas para determinar a variação das suas características anatômicas e caracterizar a fase de sua estabilização, importante para a sua adequada utilização tecnológica nos diversos fins, como na indústria de celulose e papel, de painéis à base de madeira e de carvão vegetal para uso siderúrgico (6-7 anos) ou como madeira serrada (a partir de 10 anos).

## 5. CONCLUSÕES

A densidade básica, dimensões das fibras e diâmetro tangencial dos vasos do lenho das árvores de *E. grandis* aumentaram com o avanço da idade. A porcentagem de área ocupada e a frequência dos vasos diminuíram com a idade das árvores.

As dimensões das fibras e o diâmetro e porcentagem de área ocupada dos vasos aumentaram na direção medula-casca. A frequência dos vasos diminuiu no sentido radial.

Os modelos dos perfis longitudinais da densidade básica do lenho foram similares nas diferentes idades das árvores, caracterizados pelo decréscimo da base à porção intermediária, com aumento até o ápice do tronco.

O comportamento e as variações da densidade básica e das dimensões dos vasos e das fibras indicam que o meristema cambial está formando, até esse período, o lenho denominado juvenil.

## 6. AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo financiamento desta pesquisa; ao Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP, especialmente a Rildo Moreira e Moreira e Maria Aparecida R. Bermudez e ao prof. Fábio Camargo Abdalla da UFSCar, Campus Sorocaba, pelo apoio.

## 7. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. **NBR 11941**. Brasília: 2003. 6p.

ALZATE, S.B.; TOMAZELLO FILHO, M.; PIEDADE, S.M.S. Variação longitudinal da densidade básica da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* Hill exMaiden, E. saligna Sm. e E. grandis x urophylla. **Scientia Forestalis**, n.68, p.87-95, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2011, ano base 2010**. Brasília: 2011. 140p.

BEADLE, C. et al. Effect of irrigation on growth and fibre quality of *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus nitens*. **Appita Journal**, v.54, n.2, p.144-147, 2001.

CHEN, F.; EVANS, R. A robust approach for vessel identification and quantification in eucalypt pulpwoods. In: APPITA ANNUAL CONFERENCE, 2004, Canberra. Proceedings ... Canberra: APPITA, 2004. p.4.

IAWA COMMITTEE. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. In: WHEELER, E.A.; BAAS, P.; GASSON, P.E. (Ed.). **IAWA Bulletin**, v.10, n.3, p.219-332, 1989.

JOHANSEN, D.A. **Plant microtechnique**. New York: MacGraw-Hill, 1940. 533p.

JORGE, F.; PEREIRA, H. Influência da silvicultura na qualidade da madeira. **Revista Florestal**, v.11, n.2, p.27-31, 1998.

KOLLMANN, F.F.P.; COTÊ, W.A. **Principles of wood science and technology**. Berlin: Springer-Verlag, 1968. v.1. 592p.

LAUSBERG, M.J.F.; GILCHRIST, K.F.; SKIPWITH, J.H. Wood properties of *Eucalyptus nitens* grown in New Zealand. **New Zealand Journal of Forestry Science**, v.25, n.2, p.147-163, 1995.

PANSHIN, A.J.; ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 3.ed. New York: MacGraw-Hill, 1970. 705p.

RAYMOND, C. A.; MUNERI, A. Effect of fertilizer on wood properties of *Eucalyptus globulus*. **Canadian Journal of Forestry Research**, v.30, p.136-144, 2000.

ROCHA, F.T. et al. Variação da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus grandis* aos sete anos de idade. In: ENCONTRO EM MADEIRA E EM ESTRUTURA DA MADEIRA, 7., 2002, Uberlândia **Anais...** Uberlândia: 2002. p.1-10.

SAS Institute. SAS/STAT User's guide: version 6.08. Cary: 1997. v.2. 846p.

SETTE Jr., C.R. et al. Efeito da aplicação de potássio e sódio nas características do lenho de árvores de *Eucalyptus grandis* W Hill, aos 24 meses de idade. **R. Flor.**, v.39, n.3, p.535-546, 2009a.

SETTE Jr., C.R. et al. Efeito da aplicação de fertilização nitrogenada e lodo de esgoto nas características da madeira juvenil em árvores de *Eucalyptus grandis*. **Cerne**, v.15, n.3, p.303-312, 2009b.

SETTE Jr., C.R. et al. Crescimento em diâmetro do tronco das árvores de *Eucalyptus grandis* W. Hill. Ex. Maiden e relação com as variáveis climáticas e fertilização mineral. **Revista Árvore**, v.34, n.6, p.979-990, 2010.

SHIMOYAMA, V. R. **Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em *Eucalyptus* spp.** 1990. 93f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1990.

SILVA, J.C. et al. Influência da idade e da posição radial na massa específica da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Revista Floresta**, v.34, n.1, p.13-22, 2004.

SILVA, J. C. et al. Influência da idade e da posição radial nas dimensões das fibras e dos vasos da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Árvore**, v.31, n.6, p.1081-1090, 2007.

SOUZA, V.R.; CARPIM, M.A.; BARRICHELO, L.E.G. Densidade básica entre procedências, classe de diâmetro e posições em árvores de *Eucalyptus grandis* e *E. saligna*. **Revista IPEF**, n.33, p.65-72, 1986.

TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus saligna* e *E. grandis*. **Revista IPEF**, n.29, p.37-45, 1985.

TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus globulus*, *E. pellita* e *E. acmenoides*. **Revista IPEF**, n.36, p.35-42, 1987.

TRUGILHO, P.F.; LIMA, J.T.; MENDES, L.M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, v.2, n.1, p.94-111, 1996.

VEENIN, T. et al. Radial variation of anatomical characteristics and specific gravity in *Eucalyptus camaldulensis* clones. **IAWA Journal**, v.26, n.3, p.356-361, 2005.

ZOBEL, B.J.; BUIJTENEN, J.P. **Wood variation: its causes and control**. Berlin: Springer-Verlag, 1989. 361p.